

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-119443

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

G03F 7/40

G03F 7/039

H01L 21/027

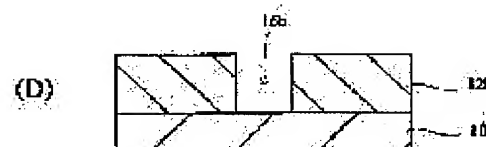
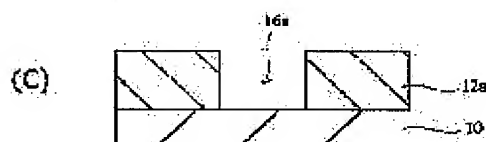
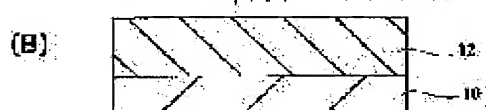
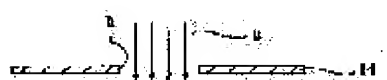
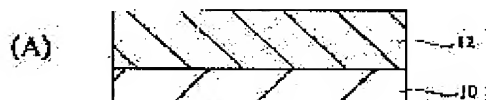
(21)Application number : 09-280783

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 14.10.1997

(72)Inventor : FURUKAWA TAKAMITSU  
AOYAMA RYOICHI

## (54) FORMATION OF RESIST PATTERN



## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a technique for making resist patterns finer without depending on a short-wavelength light, such as ArF light (wavelength 198 nm).

SOLUTION: A positive resist 12 is first applied on a film 10 to be formed. Next, the positive resist is exposed by using a prescribed mask 14. The patterns of the mask are transferred to the positive resist by exposing the positive resist via the mask. Next, the positive resist is developed to form temporary resist patterns 12a. Hole patterns 16a are formed in the positions of the temporary resist patterns corresponding to the opening parts b of the mask. The temporary resist patterns are baked after development. The temporary resist patterns are deformed by this baking, by which the resist patterns 12b are formed. The baking of the resist is intrinsically carried out for the purpose of removing the residual solvent and

residual moisture but in this embodiment, the baking is executed at a temp. higher than the temp. of the ordinary baking for the purpose described above. The baking is executed at a temp. higher than usual in such a manner to reduce the size of the temporary resist patterns. Consequently, the bore of the hole patterns is reduced and the novel hole patterns 16b are formed.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

### [Claim(s)]

[Claim 1]A formation method of a resist pattern characterized by comprising the following.

A process of applying resist on a film to be processed.

A process of exposing said resist using a predetermined mask.

A process of developing said resist and forming a temporary resist pattern.

A process of changing said temporary resist pattern and forming a resist pattern by performing bake after development at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water.

[Claim 2]A formation method of a resist pattern performing bake after said development at temperature of the range of 120 \*\* – 130 \*\* in a formation method of the resist pattern according to claim 1.

[Claim 3]A formation method of a resist pattern characterized by comprising the following.

A process of applying a positive resist on a film to be processed.

A process of performing 1st exposure of said positive resist using a predetermined mask.

A process of developing negatives, removing an exposed part of said positive resist, and forming a temporary resist pattern.

A process of performing 2nd exposure that exposes said temporary resist pattern imperfectly, and a process of performing bake, changing said temporary resist pattern, and forming a resist pattern.

[Claim 4]A formation method of a resist pattern performing said 2nd exposure in a formation method of the resist pattern according to claim 3 at the time of execution of bake after said development.

[Claim 5]A formation method of a resist pattern characterized by comprising the following.

A process of applying a positive resist on a film to be processed.

A process of performing 1st exposure of said positive resist using a predetermined mask.

A process of developing negatives, removing an exposed part of said positive resist, and forming a temporary resist pattern.

A process of performing 1st bake at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, changing said temporary resist pattern, and forming a resist pattern, A process of performing 2nd exposure that exposes said resist pattern thoroughly, and a process of performing a residual solvent and 2nd bake aiming at removal of residual water.

[Claim 6]A process of applying a positive resist on a film to be processed, and a process of performing 1st

exposure of said positive resist using a predetermined mask, A process of developing negatives, removing an exposed part of said positive resist, and forming a temporary resist pattern, Bake is performed at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, A formation method of a resist pattern deterring modification of the temporary resist pattern concerned and forming a resist pattern by performing 2nd exposure that exposes said temporary resist pattern thoroughly during execution of said bake including a process made to transform said temporary resist pattern.

[Claim 7]A process of applying a positive resist on a film to be processed, and a process of performing 1st exposure of said positive resist using a predetermined mask, A process of developing negatives, removing an exposed part of said positive resist, and forming a temporary resist pattern, Bake is performed at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, Said temporary resist pattern including a process to change during execution of said bake, A formation method of a resist pattern deterring modification of the temporary resist pattern concerned and forming a resist pattern by performing 2nd exposure that exposes said temporary resist pattern imperfectly, and performing 3rd exposure that exposes said temporary resist pattern thoroughly further.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the formation method of the resist pattern in the photo lithography process of a semiconductor manufacturing process.

[0002]

[Description of the Prior Art]In semiconductor manufacture, photolithographic technique is generally used as an element or a pattern formation method of wiring. Photo lithography patterns using exposure devices, such as a stepper, to the photoresist applied on the substrate. It is required in connection with high integration and minuteness making of LSI in recent years that a more detailed resist pattern should be formed. For this reason, instead of i line (wavelength of 365 nm) of a mercury lamp, the deep UV (ultraviolet) light (wavelength of 248 nm) of a KrF excimer laser is beginning to be applied as exposing light for forming a resist pattern. Formation of a thereby more detailed resist pattern is being attained.

[0003]However, the conventional resist for i lines does not have high sensitivity 248 nm near the light wavelength. Therefore, the resist for exclusive use which has high sensitivity in the wavelength area of deep UV light must be used. Now, the chemical amplification type positive resist is marketed as resist which has high sensitivity comparatively in a deep UV wavelength area. It is thought that the predominance of the sensitivity of this type of resist continues not to change, therefore becomes the mainstream of resist.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, the demand of the minuteness making of the further pattern continues to be made, and it is expected that a limit comes also to the pattern formation method using an above-mentioned KrF excimer laser and chemical amplification type positive resist someday. Utilization of the exposure technology using short wavelength light, such as ArF light (wavelength of 198 nm),

is not in prospect at present. Therefore, it is necessary to consider the minuteness making technique of a resist pattern newly without depending on the short wavelength formation of such exposing light.

[0005]

[Means for Solving the Problem] Then, a process of applying resist on a film to be processed according to the formation method of a resist pattern of this invention, A process of exposing resist using a predetermined mask, and a process of developing resist and forming a temporary resist pattern, By performing bake after development at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, a temporary resist pattern is changed and a process of forming a resist pattern is included.

[0006] Thus, a temporary resist pattern can be changed by performing bake after development. This is because scarce resist becomes bored by heat resistance in response to heat (this phenomenon is called a heat flow.). For example, in a hole pattern formed in resist, resist parts around a hole melt in a hole, and a caliber of a hole contracts. Thus, a pattern size of a temporary resist pattern can be made to reduce by bake. And since it produces uniformly in each portion, reduction of this pattern size is not dependent on a pattern (shape).

[0007] A reduction amount of a pattern size is controllable by temperature of bake. As mentioned above, bake after development is good to carry out at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water.

[0008] For example, it is common to perform the usual bake at about 90 °C to chemical amplification type positive-resist TDUR-P7 by TOKYO OHKA KOGYO CO., LTD. (trade name). However, when aiming at reduction of a pattern size, it is preferred to perform bake after development at temperature of the range of 120 °C – 130 °C.

[0009] A process of applying a positive resist on a film to be processed according to the formation method of a resist pattern of this invention, A process of performing 1st exposure of a positive resist using a predetermined mask, A process of developing negatives, removing an exposed part of a positive resist, and forming a temporary resist pattern, a process of performing 2nd exposure that exposes a temporary resist pattern imperfectly, and a process of performing bake, changing a temporary resist pattern and forming a resist pattern are included.

[0010] Thus, 2nd exposure is performed to a non-exposed part, i.e., a temporary resist pattern, after the 1st exposure. In this 2nd exposure, if it is made to perform full exposure of a suitable light exposure with light of suitable wavelength, the heat resistance of a temporary resist pattern will improve. Therefore, the amount of reduction in size of a temporary resist pattern to change of temperature of bake becomes small. Therefore, the amount of reduction in size of a pattern is controllable by the 2nd exposure and bake.

[0011] In a formation method of a resist pattern of this invention, it is good preferably to perform 2nd exposure at the time of execution of bake after development.

[0012] Since the 2nd exposure will be completed within bake time if it does in this way, a throughput does not fall.

[0013] A process of applying a positive resist on a film to be processed according to the formation method of a resist pattern of this invention, A process of performing 1st exposure of a positive resist using a predetermined mask, A process of developing negatives, removing an exposed part of a positive resist, and forming a temporary resist pattern, A process of performing 1st bake at a residual solvent and a temperature

higher than the usual bake aiming at removal of residual water, changing a temporary resist pattern, and forming a resist pattern, A process of performing 2nd exposure that exposes a resist pattern thoroughly, and a process of performing a residual solvent and 2nd bake aiming at removal of residual water are included.

[0014] Thus, 1st bake is performed for the purpose of reduction in size of a pattern, and 2nd exposure is performed continuously. Since a resist pattern formed of the 1st bake is thoroughly exposed in this 2nd exposure, modification of a pattern does not arise in the 2nd bake performed next. That is, in this 2nd bake, removal of a residual solvent and residual water which are contained in a resist pattern can be aimed at. Thus, the amount of reduction in size of a pattern is controllable by temperature and time of the 1st bake.

[0015] A process of applying a positive resist on a film to be processed according to the formation method of a resist pattern of this invention, A process of performing 1st exposure of a positive resist using a predetermined mask, A process of developing negatives, removing an exposed part of a positive resist, and forming a temporary resist pattern, Bake is performed at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, By performing 2nd exposure that exposes a temporary resist pattern thoroughly during execution of bake including a process made to transform a temporary resist pattern, modification of the temporary resist pattern concerned is deterred and a resist pattern is formed.

[0016] Thus, a temporary resist pattern is thoroughly exposed by performing 2nd exposure in the middle of bake. Therefore, the amount of reduction in size of a temporary resist pattern is controllable by baking temperature and time until it performs 2nd exposure from a bake start. After the 2nd exposure can perform bake continuously for the purpose of removal of a residual solvent and residual water which are contained in a resist pattern. Therefore, a throughput does not fall.

[0017] A process of applying a positive resist on a film to be processed according to the formation method of a resist pattern of this invention, A process of performing 1st exposure of a positive resist using a predetermined mask, A process of developing negatives, removing an exposed part of a positive resist, and forming a temporary resist pattern, Bake is performed at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, By performing 2nd exposure that exposes a temporary resist pattern imperfectly during execution of bake including a process made to transform a temporary resist pattern, and performing 3rd exposure that exposes a temporary resist pattern thoroughly further, Modification of the temporary resist pattern concerned is deterred and a resist pattern is formed.

[0018] Thus, a temporary resist pattern is imperfectly exposed by performing 2nd exposure in the middle of bake. As a result, the heat resistance of a temporary resist pattern improves. Then, a temporary resist pattern is thoroughly exposed by performing 3rd exposure during execution of bake. Therefore, it is controllable by a light exposure [ in / for the amount of reduction in size of a temporary resist pattern / baking temperature and the 2nd exposure ], and time until it performs 3rd exposure from a bake start. After the 3rd exposure can perform bake continuously for the purpose of removal of a residual solvent and residual water which are contained in a resist pattern. Therefore, a throughput does not fall.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to figures, it explains per this embodiment of the invention. The figure has only shown shape etc. roughly to such an extent that it can understand this invention. Numerical conditions, material, etc. which are indicated below are only a mere example. Therefore, this invention is not limited to this embodiment at all.

[0020][A 1st embodiment] This embodiment explains per 1st formation method of a resist pattern. Drawing 1 is a sectional view with which explanation of the 1st formation method of a resist pattern is presented. In this method, the positive resist 12 is first applied on the film 10 to be processed (drawing 1 (A)). The film 10 to be processed is a film which patterns by etching which used the resist pattern. This resist pattern processes and forms the positive resist 12. As the positive resist 12, the chemical amplification type positive resist (TDUR-P7 by TOKYO OHKA KOGYO CO., LTD.) is used. By a spin coating method, the positive resist 12 is applied to the upper surface of the film 10 to be processed, and is formed. In this example, the positive resist 12 of 10000 Å (angstrom) thickness is formed.

[0021]Next, the positive resist 12 is exposed using the predetermined mask 14 (drawing 1 (B)). By exposing the positive resist 12 via the mask 14, the pattern of the mask 14 is transferred to the positive resist 12. According to this embodiment, this exposure is performed using the KrF excimer laser light a. That is, it lets the opening part b of the mask 14 pass, and the positive resist 12 is irradiated with a laser beam with a wavelength of 248 nm. As a result, the portion of the positive resist 12 irradiated by the laser beam exposes. Therefore, the latent image reflecting the pattern of the mask 14 is formed in the positive resist 12 as a non-exposed part. What is necessary is just to set up suitably the physical relationship of the positive resist 12 and the mask 14 according to various kinds of exposure systems.

[0022]Next, the positive resist 12 is developed and the temporary resist pattern 12a is formed (drawing 1 (C)). Alkaline aqueous solutions, such as TMAH solution, are used as a developing solution. This developing solution is made to immerse the film 10 which exposure ended to be processed, it dissolves selectively and the exposed part of the positive resist 12 is removed. Then, since the pattern corresponding to the latent image of the positive resist 12 remains on the film 10 to be processed, the temporary resist pattern 12a of a predetermined pattern is obtained. As shown in drawing 1 (C), the hole pattern 16a is formed in the position of the temporary resist pattern 12a corresponding to the opening part b of the mask 14.

[0023]Bake of the temporary resist pattern 12a is performed after development. The temporary resist pattern 12a is changed by this bake, and the resist pattern 12b is formed (drawing 1 (D)). Properly speaking, bake to resist is performed for the purpose of removal of a residual solvent and residual water. However, at this embodiment, bake is performed at a temperature higher than the usual bake of the above-mentioned purpose. Thus, the size of the temporary resist pattern 12a is made to reduce by performing bake at a temperature higher than usual. That is, the caliber of the hole pattern 16a is made to reduce, and the new hole pattern 16b is formed.

[0024]Drawing 2 is a graph which shows the bake time dependency of a pattern size typically. Time is taken along a horizontal axis, and a size is taken along a vertical axis and it is shown in it. The time t0 is bake time of onset among a figure, and the time t1 is bake end time. The line segment a, b, and c shown in drawing 2 and each of d show the temporal change of the pattern dimension value (aperture value of the hole pattern 16b (16a)) when baking temperature is changed, respectively. The line segment a shows the dimensional change at the time of setting up the usual baking temperature. The line segment b, c, and d shows the dimensional change at the time of setting up temperature highly rather than the usual baking temperature. The line segment b, c, and d corresponds, when baking temperature is highly set up in this order. For example, when the baking temperature at the time of the usual bake shall be 90 \*\*, at this embodiment, bake is performed at the temperature of 120 \*\*, 125 \*\*, or 130 \*\*. In this case, the line segment a shows the

dimensional change at the time of 90 \*\*, the line segment b shows the dimensional change at the time of 120 \*\*, the line segment c shows the dimensional change at the time of 125 \*\*, and the line segment d shows the dimensional change at the time of 130 \*\*. As shown in drawing 2, a pattern size contracts with progress of time during bake execution. And the one where baking temperature is higher has the large reduction percentage of a pattern size so that clearly from contrast of each line segment.

[0025]Drawing 3 is a graph which shows the baking temperature dependency of a pattern size. Baking temperature (\*\*) unit) is taken along a horizontal axis, and the range of 80 \*\* – 130 \*\* is shown with the graduation on it every 10 \*\*. A pattern size (micrometer unit) is taken along a vertical axis, and the range of 0.15 micrometer – 0.3 micrometer is indicated to be a graduation every 0.05 micrometer. In the graph, the caliber of the measured hole pattern 16b is made equivalent to baking temperature, and the white round sign has shown. Bake time (that is, it is equivalent to the time of (t1–t0).) was made into 60 seconds.

[0026]Drawing 4 is a table showing the aperture value of the measured hole pattern 16b. Baking temperature and bake time are indicated in the 1st line of the table. And to the 2nd line of the table, corresponding measured value is indicated per mum. An aperture value at the time of "90 \*\*60s" (that is, baking temperature is 90 \*\* and bake time is 60 seconds.) Namely, 0.269 micrometer, An aperture value is [ an aperture value ] 0.174 micrometer at the time of 0.245 micrometer and "125 \*\*60s" (that is, baking temperature is 125 \*\* and bake time is 60 seconds.) at the time of "120 \*\*60s" (that is, baking temperature is 120 \*\* and bake time is 60 seconds.).

[0027]Therefore, the one where baking temperature is higher has a large speed of the reduction of a pattern size so that clearly from drawing 3 and drawing 4. It is preferred for the bake after this development to carry out, for example at the temperature of the range of 120 \*\* – 130 \*\*.

[0028]As explained above, the reduction amount of a pattern size is controllable by baking temperature. It does not depend for this amount of reduction in size on the shape of the hole pattern 16a after development. That is, it does not depend for the reduction amount of the pattern size of the hole pattern 16b on the pattern size of the mask 14.

[0029]Drawing 5 is a graph which shows the relation between a mask size and a pattern size. A mask size (micrometer unit) is taken along a horizontal axis, and the range of 0.2 micrometer – 0.5 micrometer is indicated to be a graduation every 0.05 micrometer. This mask size is a value of the caliber of the opening part b of the mask 14 shown in drawing 1 (B). A pattern size (micrometer unit) is taken along a vertical axis, and the range of 0 micrometer – 0.6 micrometer is indicated to be a graduation every 0.1 micrometer. The measured pattern size is a value of the caliber of the hole pattern 16b shown in drawing 1 (D).

[0030]It is asking for the relation between a mask size and a pattern size from different baking temperature, respectively. A white round sign is a measurement result when baking temperature is 90 \*\* among a figure. Each white round sign is mutually combined by the line segment a, and it has expressed. A square sign is a measurement result when baking temperature is 120 \*\*. Four angle each signs are mutually combined by the line segment b, and it has expressed. A triangular sign is a measurement result when baking temperature is 125 \*\*. Three angle each signs are mutually combined by the line segment c, and it has expressed. A reverse triangular sign is a measurement result when baking temperature is 130 \*\*. Each reverse triangular sign is mutually combined by the line segment d, and it has expressed. Both the bake time of each bake is 60 seconds.

[0031]Drawing 6 is a table showing the aperture value of the measured hole pattern 16b. Baking temperature and bake time are indicated in the 1st line of the table. The mask size value (micrometer unit) is indicated to the 1st row of the table. And the measured value of the pattern size is written per mum, respectively in each column to which it corresponds after the 2nd line of a table, and the 2nd row.

[0032]Therefore, as shown in drawing 5 and drawing 6, it turns out that a pattern size and a mask size have a relation of direct proportion mostly. And it is not based on baking temperature but the rate of change of the pattern size to a mask size becomes almost fixed. Therefore, it does not depend for the reduction amount of a pattern size on the difference in some mask size.

[0033]It seldom depends for the reduction amount of a pattern size also to the difference in an exposing condition, etc. For example, a pattern size has a small dependence over the focus at the time of exposure (distance between the focus of exposing light, and resist). Drawing 7 is a graph which shows the relation between a focus and a pattern size. A focus (micrometer unit) is taken along a horizontal axis, and the range of -0.5 micrometer - 1 micrometer is indicated to be a graduation every 0.5 micrometer. A pattern size (micrometer unit) is taken along a vertical axis, and the range of 0 micrometer - 0.3 micrometer is indicated to be a graduation every 0.05 micrometer.

[0034]It is asking for the relation between a focus and a pattern size from different baking temperature, respectively. A white round sign is a measurement result when baking temperature is 90 \*\* among drawing 7. Each white round sign is mutually combined by the line segment a, and it has expressed. A square sign is a measurement result when baking temperature is 120 \*\*. Four angle each signs are mutually combined by the line segment b, and it has expressed. A triangular sign is a measurement result when baking temperature is 125 \*\*. Three angle each signs are mutually combined by the line segment c, and it has expressed. Both the bake time of each bake is 60 seconds.

[0035]Drawing 8 is a table showing the aperture value of the measured hole pattern 16b. Baking temperature and bake time are indicated in the 1st line of the table. The focus value (micrometer unit) is indicated to the 1st row of the table. And the measured value of the pattern size is written per mum, respectively in each column to which it corresponds after the 2nd line of a table, and the 2nd row.

[0036]Therefore, as shown in drawing 7 and drawing 8, the pattern size is almost constant to change of a focus. That is, change of the pattern size by the difference in a focus is small. Therefore, a pattern size can be made to reduce according to the method of this embodiment, without harming the margin to the focus and light exposure in a process conventionally. And in the method of this embodiment, since setting out of baking temperature is only conventionally changed to a process, it is not necessary to change an equipment configuration. Therefore, a throughput does not fall.

[0037][A 2nd embodiment] Next, it explains per 2nd formation method of a resist pattern. With reference to drawing 1 (A) - (C) and drawing 9, it explains about the process of this 2nd formation method. Drawing 9 is a sectional view with which explanation of the 2nd formation method is presented.

[0038]First, the positive resist 12 is applied on the film 10 to be processed (drawing 1 (A)). Next, 1st exposure of the positive resist 12 is performed using the predetermined mask 14 (drawing 1 (B)). Next, negatives are developed, the exposed part of the positive resist 12 is removed, and the temporary resist pattern 12a is formed (drawing 1 (C)). The hole pattern 16a is formed in the positive resist 12.

[0039]Then, in this embodiment, 2nd exposure for exposing the temporary resist pattern 12a imperfectly is



performed (drawing 9 (A)). For example, suitable wavelength and light exposure are set up using the usual deep UV one-shot exposure machine not expose the temporary resist pattern 12a thoroughly, and full exposure is performed. In this example of formation, this full exposure irradiates with the light a of wavelength with a center wavelength of 365 nm, and is performed. Thus, if imperfect sensitization is carried out, the heat resistance of the temporary resist pattern 12a can be raised.

[0040]Next, like the time of the 1st formation method, bake is performed, the temporary resist pattern 12a is changed, and the resist pattern 12b is formed (drawing 9 (B)). By this bake, the pattern size (caliber) of the hole pattern 16a contracts, and the new hole pattern 16b is obtained. However, since the temporary resist pattern 12a is imperfectly exposed in the 2nd exposure process mentioned above, compared with the case of the 1st formation method, the reduction amount of a pattern size is small.

[0041]Drawing 10 is a graph which shows the bake time dependency of a pattern size. Time is taken along a horizontal axis, and the size is taken and shown on the vertical axis. The line segment a, b, and c shown in drawing 10 and d support the line segment a, b, and c shown in drawing 2, respectively, and d. The time t2 before the bake time of onset t0 is made to begin, and the time t3 before the bake time of onset t0 is made to end the 2nd exposure similarly, as shown in drawing 10. The difference between the 1st formation method and the 2nd formation method is the existence of this 2nd exposure. And according to this 2nd formation method, the rate of the change to the time of a pattern size becomes small so that clearly from contrast with drawing 2 and drawing 10. Therefore, the amount of reduction in size is controllable by higher accuracy.

[0042]Next, a actual measurement result is shown in drawing 11 and drawing 12. Drawing 11 is a graph which shows the baking temperature dependency of the amount of reduction in size. Baking temperature (\*\* unit) is taken along a horizontal axis, and the range of 120 \*\* – 130 \*\* is shown with the graduation on it every 5 \*\*. Along the vertical axis, the amount of reduction in size (micrometer unit) is taken. This amount of reduction in size is the quantity expressed with the temperature of 90 \*\* on the basis of the pattern size when bake is carried out. The amount of reduction in size has indicated the range of 0 micrometer – 0.2 micrometer to be a graduation every 0.05 micrometer.

[0043]The measurement result of the amount of reduction in size at the time of performing 2nd exposure and the measurement result of the amount of reduction in size at the time of not performing 2nd exposure are shown in drawing 11. A white round sign is a measurement result at the time of not performing 2nd exposure among a figure. Each white round sign is mutually combined by the line segment a, and it has expressed. A square sign is a measurement result at the time of performing 2nd exposure. Four angle each signs are mutually combined by the line segment b, and it has expressed.

[0044]Drawing 12 is a table showing the aperture value of the measured hole pattern 16b. Baking temperature is indicated to the 1st line of the table. The existence of the 2nd exposure is indicated to the 1st row of the table. And the measured value of the amount of reduction in size is written per mum, respectively in each column to which it corresponds after the 2nd line of a table, and the 2nd row.

[0045]As shown in drawing 11 and drawing 12, compared with the case where the direction at the time of performing 2nd exposure is not exposed, change of the amount of reduction in size to change of baking temperature is small. Thus, since the heat resistance of resist improves moderately by performing 2nd exposure, the amount of reduction in size changes gently to change of baking temperature.

[0046]Next, with reference to drawing 13 and drawing 14, it explains per [ to the light exposure of a pattern

size ] change. Drawing 13 is a graph which shows the light exposure dependency of a pattern size (caliber of the hole pattern 16b). A light exposure ( $\text{mJ}/\text{cm}^2$  unit) is taken along a horizontal axis, and the range of  $0 \text{ mJ}/\text{cm}^2 - 500 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  is shown with the graduation on it for every  $100 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ . A pattern size (micrometer unit) is taken along a vertical axis, and the range of  $0 \text{ micrometer} - 0.3 \text{ micrometer}$  is indicated to be a graduation every  $0.05 \text{ micrometer}$ . A white round sign shows the measured value of a pattern size in a graph, and it combines each white round sign by the line segment a, and is shown.

[0047]Drawing 14 is a table showing the aperture value of the measured hole pattern 16b. In the 1st line of the table, the light exposure is indicated per  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ . And the measured value of the pattern size is written per  $\mu\text{m}$  in each corresponding column of the 2nd line of the table, respectively.

[0048]The measurement result shown in drawing 13 and drawing 14 is a thing at the time of performing bake for 60 seconds at the temperature of  $125^{\circ}\text{C}$ . As shown in drawing 13 and drawing 14, a pattern size increases according to the increase in a light exposure. That is, the amount of reduction in size can be made small, so that a light exposure is increased.

[0049]As explained above, according to the 2nd formation method, the amount of reduction in size is controllable by the baking temperature of the bake after development, and the light exposure of the 2nd exposure. And a hole pattern size can be made to reduce like the 1st formation method mentioned above, without harming the margin to the light exposure and focus in a process conventionally.

[0050][A 3rd embodiment] Next, it explains per 3rd formation method of a resist pattern. When the 3rd formation method and the 2nd formation method are contrasted, in this 3rd formation method, the special feature is at the point performed at the time of execution of the bake after developing the 2nd exposure mentioned above.

[0051]First, the positive resist 12 is applied on the film 10 to be processed (drawing 1 (A)). Then, 1st exposure of the positive resist 12 is performed using the predetermined mask 14 (drawing 1 (B)). Next, negatives are developed, the exposed part of the positive resist 12 is removed, and the temporary resist pattern 12a is formed (drawing 1 (C)).

[0052]Next, it exposes using the exposure device (multiple-purpose optical unit) with which the bake means was built in, performing bake. According to this embodiment, the temporary resist pattern 12a is exposed immediately after a bake start. This exposure is equivalent to the 2nd exposure explained by a 2nd embodiment. Therefore, in the exposure performed during this bake, the temporary resist pattern 12a is exposed imperfectly. And the heat resistance of the temporary resist pattern 12a is moderately raised by this exposure.

[0053]Drawing 15 is a graph which shows the bake time dependency of a pattern size. Time is taken along a horizontal axis, and the size is taken and shown on the vertical axis. The line segment a, b, and c shown in drawing 15 and d support the line segment a, b, and c shown in drawing 2, respectively, and d. The same time as the bake time of onset  $t_0$  is made to start the 2nd exposure, as shown in this graph. The time  $t_2$  before the bake end time  $t_1$  is made to end the 2nd exposure. Thus, since exposure is made to start in a bake process and exposure is terminated in a bake process, a throughput does not fall.

[0054][A 4th embodiment] Next, it explains with reference to drawing 16 per 4th formation method of a resist pattern. Drawing 16 is a sectional view with which explanation of the 4th formation method of a resist pattern is presented. Since the process as the 1st formation method that the middle is substantially the

same is included, with reference to drawing 1, it explains briefly per this process first.

[0055]First, the positive resist 12 is applied on the film 10 to be processed (drawing 1 (A)). Then, 1st exposure of the positive resist 12 is performed using the predetermined mask 14 (drawing 1 (B)). Next, negatives are developed, the exposed part of the positive resist 12 is removed, and the temporary resist pattern 12a is formed (drawing 1 (C) and drawing 16 (A)). Therefore, the hole pattern 16a is formed in the positive resist 12.

[0056]And 1st bake is performed at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, the temporary resist pattern 12a is changed, and the resist pattern 12b is formed (drawing 16 (B)). This bake is performed at about 120 \*. The temporary resist pattern 12a lacking in heat resistance produces a heat flow, and shape changes with these bake. And the pattern size (caliber) of the hole pattern 16a contracts, and the new hole pattern 16b is formed.

[0057]Next, 2nd exposure that exposes the resist pattern 12b thoroughly is performed (drawing 16 (C)). That is, the resist pattern 12b is irradiated with the deep UV light of sufficient light exposure which exposes resist thoroughly using a deep UV one-shot exposure machine. Thus, by performing full exposure, the heat resistance of the resist pattern 12b is raised.

[0058]And a residual solvent and 2nd bake aiming at removal of residual water are performed (drawing 16 (D)). In this bake process, since the resist pattern 12b has already had sufficient heat resistance at this time, a heat flow does not arise. Therefore, removal of the residual solvent whose 1st bake process was insufficient, and residual water can be performed.

[0059]Drawing 17 is a graph which shows the bake time dependency of a pattern size. Time is taken along a horizontal axis, and the size is taken and shown on the vertical axis. The line segment a, b, and c shown in drawing 17 is equivalent to the line segment a, b, and c shown in drawing 2, respectively. As shown in this drawing 17, the time  $t_0$  is made to start the 1st bake, and the time of  $t_1$  is terminated. Then, the 2nd exposure is started at the time  $t_2$ , and this exposure is performed till the time  $t_3$ . And finally 2nd bake is performed to within a time [ of  $t_4$  and  $t_5$  ].

[0060]Therefore, with this formation method, the amount of reduction in size of a resist pattern is controllable by the 1st baking temperature and the 1st bake time ( $t_1-t_0$ ). And it does not depend for the amount of reduction in size on the shape difference of some hole pattern produced by the variation in the hole pattern size after development, and the conditions of the 1st exposure. Therefore, the size of a hole pattern can be made to reduce, without harming the margin to the light exposure and focus in a process conventionally.

[0061]Since heat resistance of the resist pattern 12b improves substantially by 2nd exposure, even if it performs 2nd bake with the same baking temperature as the 1st bake, shape does not change. Therefore, 1st bake and 2nd bake can be performed using the same bake plate, and an additional bake plate is not needed.

[0062][A 5th embodiment] Next, it explains per 5th formation method of a resist pattern. In the 5th formation method, 2nd exposure is performed at the time of the bake after development. Modification of a temporary resist pattern is made to stop by exposing a temporary resist pattern thoroughly in this 2nd exposure. It explains with reference to drawing 1 per this 5th formation method, and drawing 18.

[0063]First, the positive resist 12 is applied on the film 10 to be processed (drawing 1 (A)). Then, 1st exposure of the positive resist 12 is performed using the predetermined mask 14 (drawing 1 (B)). Next,

negatives are developed, the exposed part of the positive resist 12 is removed, and the temporary resist pattern 12a is formed (drawing 1 (C)). Therefore, the hole pattern 16a is formed in the positive resist 12.

[0064]Next, it exposes using the exposure device (multiple-purpose optical unit) with which the bake means was built in, performing bake. This bake is performed at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, and is made to transform the temporary resist pattern 12a. And after only suitable time performs bake, the temporary resist pattern 12a is exposed. This exposure is equivalent to the 2nd exposure explained by a 4th embodiment. Therefore, in the exposure performed during this bake, the temporary resist pattern 12a is exposed thoroughly. And by this exposure, the heat resistance of the temporary resist pattern 12a is raised, and modification by bake is deterred.

[0065]Drawing 18 is a graph which shows the bake time dependency of a pattern size. Time is taken along a horizontal axis, and the size is taken and shown on the vertical axis. The line segment a, b, and c shown in drawing 18 is equivalent to the line segment a, b, and c shown in drawing 2, respectively.

[0066]The bake after development is made to start at the time of the time  $t_0$ , as shown in drawing 18. Then, when temperature is usually highly set up rather than the time of bake (in the case of the line segments b and c of drawing 18), a pattern size decreases with progress of time (however, as shown in drawing 18, a pattern size does not necessarily fall linearly.). Then, the 2nd exposure is made to start at the time of the time  $t_1$ . It continues till the time  $t_2$  and this exposure is performed. Reduction of a pattern size stops and the predetermined resist pattern 12b, therefore the hole pattern 16b are obtained by this exposure (refer to drawing 1 (D)). However, as shown in drawing 18, reduction of a pattern size does not necessarily stop simultaneously with the start of exposure. . After that, bake is performed continuously and terminated at the time of the suitable time  $t_3$ .

[0067]Thus, with the 5th formation method, the reduction amount of a pattern size is controllable in the temperature of the bake after development, and time ( $t_1-t_0$ ) after starting bake until it starts exposure. The light exposure at the time of exposure is controllable by adjusting time ( $t_2-t_1$ ) etc. The residual solvent and residual water which are contained in the resist pattern 12b are thoroughly removable by the bake after exposure completion. Since it is made to start in a bake process and the 2nd exposure is terminated in a bake process, a throughput does not fall.

[0068][A 6th embodiment] Next, it explains per 6th formation method of a resist pattern. In this 6th formation method, two exposure is performed during the bake execution after development. In the first exposure, the temporary resist pattern 12a is exposed imperfectly, and it plans making moderate speed of reduction of the pattern size by bake. In the next exposure, the temporary resist pattern 12a is exposed thoroughly, and reduction of the pattern size by bake is stopped.

[0069]First, the positive resist 12 is applied on the film 10 to be processed (drawing 1 (A)). Then, 1st exposure of the positive resist 12 is performed using the predetermined mask 14 (drawing 1 (B)). Next, negatives are developed, the exposed part of the positive resist 12 is removed, and the temporary resist pattern 12a is formed (drawing 1 (C)).

[0070]Next, it exposes using the exposure device (multiple-purpose optical unit) with which the bake means was built in, performing bake. According to this embodiment, the temporary resist pattern 12a is exposed immediately after a bake start. This exposure is equivalent to the 2nd exposure explained by a 2nd embodiment. Therefore, in the exposure performed during this bake, the temporary resist pattern 12a is

exposed imperfectly. And the heat resistance of the temporary resist pattern 12a is moderately raised by this exposure.

[0071]Next, after only suitable time performs bake continuously, 3rd exposure for exposing the temporary resist pattern 12a thoroughly is performed. As a result, modification of the temporary resist pattern 12a stops, and the resist pattern 12b is obtained. This 3rd exposure is also performed using the same multiple-purpose optical unit as the 2nd exposure. This 3rd exposure is equivalent to the 2nd exposure explained by a 5th embodiment.

[0072]Drawing 19 is a graph which shows the bake time dependency of a pattern size. Time is taken along a horizontal axis, and the size is taken and shown on the vertical axis. The line segment a, b, and c shown in drawing 19 is equivalent to the line segment a, b, and c shown in drawing 2, respectively.

[0073]The same time as the bake time of onset  $t_0$  is made to begin, and the time of  $t_1$  is made to end the 2nd exposure, as shown in drawing 19. Then, the 3rd exposure is made to start at the time of the time  $t_2$ . It continues till the time  $t_3$  and this exposure is performed. Reduction of a pattern size stops and the predetermined resist pattern 12b, therefore the hole pattern 16b are obtained by this exposure (drawing 1 (D)). After that, bake is performed continuously and terminated at the time of the suitable time  $t_4$ .

[0074]Thus, the reduction amount of a pattern size is controllable by the 6th formation method with the temperature of the bake after development, time  $(t_2 - t_0)$  after starting bake until it starts the 3rd exposure, and the light exposure at the time of the 2nd exposure. The residual solvent and residual water which are contained in the resist pattern 12b are thoroughly removable by the bake after exposure completion. Since it is made to start in a bake process and the 2nd time and the 3rd exposure are terminated in a bake process, a throughput does not fall.

[0075]

[Effect of the Invention]According to the formation method of the resist pattern of this invention, by performing bake after development at a residual solvent and a temperature higher than the usual bake aiming at removal of residual water, a temporary resist pattern is changed and a resist pattern is formed. Therefore, a resist pattern more detailed than before can be formed using a conventional KrF light and chemical amplification type resist, without using short wavelength light, such as ArF light.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-119443

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 3 F 7/40

5 1 1

G 0 3 F 7/40

5 1 1

7/039

6 0 1

7/039

6 0 1

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 6 8

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平9-280783

(22) 出願日

平成9年(1997)10月14日

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 古川 貴光

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 青山 亮一

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

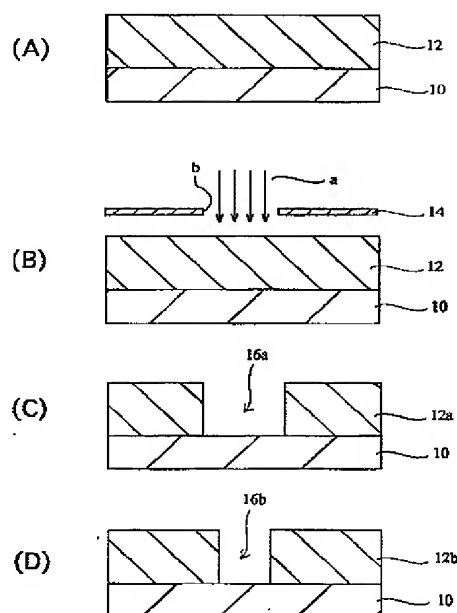
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 レジストパタンの形成方法

(57) 【要約】

【課題】 A r F 光 (波長 198 nm) 等の短波長光に頼らないレジストパタンの微細化手法を実現する。

【解決手段】 先ず、被加工膜 10 の上にポジレジスト 12 を塗布する。次に、所定のマスク 14 を用いてポジレジストの露光を行う。マスクを介してポジレジストを露光することにより、マスクのパターンをポジレジストに転写する。次に、ポジレジストを現像して仮レジストパターン 12 a を形成する。マスクの開口部分 b に対応した仮レジストパタンの位置にはホールパターン 16 a が形成される。現像後、仮レジストパタンのベークを行う。このベークにより仮レジストパターンを変形させ、レジストパターン 12 b を形成する。本来、レジストに対するベークは残留溶媒および残留水分の除去を目的として行うが、この形成例では上記目的の通常のベークよりも高い温度でベークを行う。このように、通常よりも高い温度でベークを行うことによって仮レジストパタンの寸法を縮小させる。この結果、ホールパタンの口径は縮小し、新規のホールパターン 16 b が形成される。



10: 被加工膜 12: ポジレジスト 12a: 仮レジストパターン  
12b: レジストパターン 14: マスク 16a, 16b: ホールパターン

レジストパタンの第1形成方法

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工膜の上にレジストを塗布する工程と、  
 所定のマスクを用いて前記レジストの露光を行う工程と、  
 前記レジストを現像して仮レジストパターンを形成する工程と、  
 残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で現像後のベークを行うことにより前記仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを形成する工程とを含むことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のレジストパタンの形成方法において、  
 前記現像後のベークは、120℃～130℃の範囲の温度で行うことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 3】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
 所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、  
 現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
 前記仮レジストパターンを不完全に感光させる第 2 回目の露光を行う工程と、  
 ベークを行って前記仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを形成する工程とを含むことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載のレジストパタンの形成方法において、  
 前記第 2 回目の露光を、前記現像後のベークの実行時に行うことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 5】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
 所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、  
 現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
 残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で第 1 回目のベークを行って、前記仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを形成する工程と、  
 前記レジストパターンを完全に感光させる第 2 回目の露光を行う工程と、  
 残留溶媒および残留水分の除去を目的とした第 2 回目のベークを行う工程とを含むことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 6】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
 所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、

現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
 残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、前記仮レジストパターンを変形させる工程とを含み、  
 前記ベークの実行中に前記仮レジストパターンを完全に感光させる第 2 回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑止して、レジストパターンを形成することを特徴とするレジストパタンの形成方法。

10 【請求項 7】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
 所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、  
 現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
 残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、前記仮レジストパターンを変形させる工程とを含み、  
 前記ベークの実行中に、前記仮レジストパターンを不完全に感光させる第 2 回目の露光を行い、さらに前記仮レジストパターンを完全に感光させる第 3 回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑止して、レジストパターンを形成することを特徴とするレジストパタンの形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体製造工程のホトリソグラフィ工程におけるレジストパタンの形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体製造においては、素子や配線のパターン形成方法としてホトリソグラフィ技術が一般的に用いられている。ホトリソグラフィは、基板上に塗布したホトレジストに対してステップ等の露光装置を用いてパターンニングを行うものである。近年のLSIの高集積化および微細化に伴い、より微細なレジストパターンを形成することが要求されている。このため、レジストパターンを形成するための露光光として、水銀ランプのi線（波長365nm）に代わってKrFエキシマレーザのディープUV（紫外）光（波長248nm）が適用され始めてきている。これにより、より微細なレジストパタンの形成が可能になってきている。

【0003】但し、従来のi線用レジストは248nmの光波長付近では高い感度を有していない。従って、ディープUV光の波長領域で高い感度を有する専用のレジストを用いなければならない。現在、ディープUV波長領域で比較的高感度を有するレジストとして化学増幅型ポジレジストが市販されている。このタイプのレジストの感度の優位性は今後も変わらず、従ってレジストの主流になってゆくと考えられる。



## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、今後も更なるパタンの微細化の要求がなされ、いずれは上述のK r Fエキシマレーザおよび化学増幅型ポジレジストを用いたパタン形成方法にも限界がくると予想される。また、A r F光（波長198nm）等の短波長光を用いた露光技術は、現在のところ実用化のめどが立っていない。従って、このような露光光の短波長化に頼らないで、新しくレジストパタンの微細化手法を検討する必要がある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】そこで、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてレジストの露光を行う工程と、レジストを現像して仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で現像後のベークを行うことにより仮レジストパタンを変形させ、レジストパタンを形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0006】このように、現像後にベークを行うことによって、仮レジストパタンを変形させることができる。これは、耐熱性に乏しいレジストが熱を受けてだれるからである（この現象を熱フローと称する。）。例えば、レジストに形成されたホールパタンでは、ホール周辺のレジスト部分がホール内に溶け込んで、ホールの口径が縮小する。このように、ベークによって仮レジストパタンのパタン寸法を縮小させることができる。しかも、このパタン寸法の縮小は各部分で均一に生じるのでパタン（形状）に依存しない。

【0007】また、パタン寸法の縮小量は、ベークの温度で制御することができる。上述したように、現像後のベークは、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で行うと良い。

【0008】例えば、東京応化工業株式会社製の化学増幅型ポジレジストTDUR-P7（商品名）に対しては、通常のベークを90℃程度で行うのが一般的である。しかし、パタン寸法の縮小を目的とする場合には、現像後のベークを120℃～130℃の範囲の温度で行うのが好適である。

【0009】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第1回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、仮レジストパタンを不完全に感光させる第2回目の露光を行う工程と、ベークを行って仮レジストパタンを変形させ、レジストパタンを形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0010】このように、第1回目の露光後の未感光部分すなわち仮レジストパタンに対して第2回目の露光を

行う。この第2回目の露光では、適当な波長の光で適当な露光量の全面露光を行うようにすると仮レジストパタンの耐熱性が向上する。従って、ベークの温度の変化に対する仮レジストパタンの寸法縮小量が小さくなる。よって、第2回目の露光とベークとによりパタンの寸法縮小量を制御できる。

【0011】また、この発明のレジストパタンの形成方法において、好ましくは、第2回目の露光を、現像後のベークの実行時に行うのが良い。

10 【0012】このようにすると、第2回目の露光がベーク時間内に終了するので、スループットが低下しない。

【0013】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第1回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で第1回目のベークを行って、仮レジストパタンを変形させ、レジストパタンを形成する工程と、レジストパタンを完全に感光させる第2回目の露光を行う工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした第2回目のベークを行う工程とを含むことを特徴とする。

【0014】このように、第1回目のベークをパタンの寸法縮小を目的として行い、続いて第2回目の露光を行う。この第2回目の露光では、第1回目のベークにより形成されたレジストパタンを完全に感光させるので、この後に行う第2回目のベークではパタンの変形が生じない。すなわち、この第2回目のベークでは、レジストパタン中に含まれる残留溶媒および残留水分の除去が図れる。このように、パタンの寸法縮小量は、第1回目のベークの温度および時間により制御することができる。

【0015】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第1回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、仮レジストパタンを変形させる工程とを含み、ベークの実行中に仮レジストパタンを完全に感光させる第2回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑止して、レジストパタンを形成することを特徴とする。

【0016】このように、ベークの途中で第2回目の露光を行うことにより仮レジストパタンを完全に感光させる。従って、仮レジストパタンの寸法縮小量を、ベーク温度と、ベーク開始から第2回目の露光を行うまでの時間とにより制御できる。また、第2回目の露光後は、レジストパタン中に含まれる残留溶媒および残留水分の除去を目的として継続的にベークを行うことができる。従



って、スループットが低下しない。

【0017】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第1回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、仮レジストパターンを変形させる工程とを含み、ベークの実行中に、仮レジストパターンを不完全に感光させる第2回目の露光を行い、さら

に仮レジストパターンを完全に感光させる第3回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑制して、レジストパターンを形成することを特徴とする。

【0018】このように、ベークの途中で第2回目の露光を行うことにより仮レジストパターンを不完全に感光させる。この結果、仮レジストパタンの耐熱性が向上する。続いて、ベークの実行中に第3回目の露光を行うことにより仮レジストパターンを完全に感光させる。従って、仮レジストパタンの寸法縮小量を、ベーク温度と、第2回目の露光における露光量と、ベーク開始から第3回目の露光を行うまでの時間とにより制御できる。また、第3回目の露光後は、レジストパターン中に含まれる残留溶媒および残留水分の除去を目的として継続的にベークを行うことができる。従って、スループットが低下しない。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、図を参照して、この発明の実施の形態につき説明する。尚、図は、この発明が理解できる程度に形状等を概略的に示してあるに過ぎない。また、以下に記載する数値条件や材料等は単なる一例に過ぎない。従って、この発明は、この実施の形態に何ら限定されることがない。

【0020】[第1の実施の形態] この実施の形態では、レジストパタンの第1形成方法につき説明する。図1は、レジストパタンの第1形成方法の説明に供する断面図である。この方法では、まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。被加工膜10は、レジストパターンを用いたエッチングによりパターンニングを行う膜である。このレジストパターンはポジレジスト12を加工して形成する。ポジレジスト12としては、化学増幅型ポジレジスト(東京応化工業株式会社製のTDUR-P7)を用いている。ポジレジスト12は、回転塗布法によって被加工膜10の上面に塗布して形成する。この例では、10000Å(オングストローム)の膜厚のポジレジスト12を形成している。

【0021】次に、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の露光を行う(図1(B))。マスク14を介してポジレジスト12を露光することにより、マスク14のパターンをポジレジスト12に転写する。この実施の形態では、この露光をKrFエキシマレーザ光aを用い

て行う。つまり、マスク14の開口部分bを通して、ポジレジスト12に248nmの波長のレーザ光を照射する。この結果、レーザ光で照射されたポジレジスト12の部分が感光する。よって、ポジレジスト12には、マスク14のパターンを反映した潜像が未感光部分として形成される。尚、ポジレジスト12とマスク14との位置関係等は、各種の露光方式に応じて適当に設定すればよい。

【0022】次に、ポジレジスト12を現像して仮レジストパターン12aを形成する(図1(C))。現像液としてはTMAH水溶液等のアルカリ水溶液を用いている。この現像液に露光の終了した被加工膜10を浸漬させて、ポジレジスト12の感光部分を選択的に溶解して除去する。すると、ポジレジスト12の潜像に対応したパターンが被加工膜10上に残存するので、所定のパタンの仮レジストパターン12aが得られる。図1(C)に示すように、マスク14の開口部分bに対応した仮レジストパターン12aの位置にホールパターン16aが形成される。

【0023】現像後、仮レジストパターン12aのベークを行う。このベークにより仮レジストパターン12aを変形させ、レジストパターン12bを形成する(図1

(D))。本来ならば、レジストに対するベークは、残留溶媒および残留水分の除去を目的として行う。しかし、この実施の形態では、上記目的の通常のベークよりも高い温度でベークを行う。このように、通常よりも高い温度でベークを行うことによって仮レジストパターン12aの寸法を縮小させる。つまり、ホールパターン16aの口径を縮小させて新規のホールパターン16bを形成する。

【0024】図2は、パターン寸法のベーク時間依存性を模式的に示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示してある。図中、時間t0はベーク開始時間であり、時間t1はベーク終了時間である。また、図2に示す線分a、b、cおよびdの各々は、それぞれベーク温度を異ならせたときのパターン寸法値(ホールパターン16b(16a)の口径値)の時間変化を示している。線分aは、通常のベーク温度を設定した場合の寸法変化を示す。また、線分b、cおよびdは、通常のベーク温度よりも温度を高く設定した場合の寸法変化を示す。尚、線分b、cおよびdは、この順序でベーク温度を高く設定した場合に相当する。例えば、通常のベーク時のベーク温度を90℃とするとき、この実施の形態では、120℃や125℃や130℃の温度でベークを行う。この場合、線分aは90℃のときの寸法変化を示し、線分bは120℃のときの寸法変化を示し、線分cは125℃のときの寸法変化を示し、線分dは130℃のときの寸法変化を示す。図2に示すように、ベーク実行中は時間の経過とともにパターン寸法が縮小する。そして、各線分の対比から明らかなように、ベーク温度の高

い方がパタン寸法の縮小率が大きい。

【0025】図3は、パタン寸法のベーク温度依存性を示すグラフである。横軸にベーク温度（℃単位）を取り、80℃～130℃の範囲を10℃ごとに目盛って示してある。また、縦軸にパタン寸法（μm単位）を取り、0.15μm～0.3μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。グラフ中には、測定したホールパタン16bの口径を、ベーク温度に対応させて、白丸記号で示してある。尚、ベーク時間（すなわち（t1-t0）の時間に相当する。）は60秒とした。

【0026】また、図4は、測定したホールパタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、ベーク温度およびベーク時間を記載してある。そして、表の2行目には、対応する測定値をμm単位で記載してある。すなわち、「90℃60s」（すなわちベーク温度が90℃、ベーク時間が60秒である。）のときに口径値が0.269μm、「120℃60s」（すなわちベーク温度が120℃、ベーク時間が60秒である。）のときに口径値が0.245μm、および「125℃60s」（すなわちベーク温度が125℃、ベーク時間が60秒である。）のときに口径値が0.174μmである。

【0027】従って、図3および図4から明らかなように、ベーク温度の高い方がパタン寸法の縮小化の速度が大きい。この現象後のベークは、例えば120℃～130℃の範囲の温度で行うのが好適である。

【0028】以上説明したように、パタン寸法の縮小量は、ベーク温度によって制御することができる。また、この寸法縮小量は、現象後のホールパタン16aの形状には依存しない。すなわち、ホールパタン16bのパタン寸法の縮小量は、マスク14のパタン寸法に依存しない。

【0029】図5は、マスク寸法とパタン寸法との関係を示すグラフである。横軸にはマスク寸法（μm単位）を取り、0.2μm～0.5μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。このマスク寸法は、図1（B）に示すマスク14の開口部分bの口径の値である。縦軸にはパタン寸法（μm単位）を取り、0μm～0.6μmの範囲を0.1μmごとに目盛って示してある。測定したパタン寸法は、図1（D）に示すホールパタン16bの口径の値である。

【0030】また、マスク寸法とパタン寸法との関係を、異なるベーク温度に対してそれぞれ求めている。図中、白丸記号はベーク温度を90℃としたときの測定結果である。各白丸記号を線分aによって互いに結合して表してある。また、四角記号はベーク温度を120℃としたときの測定結果である。各四角記号を線分bによって互いに結合して表してある。また、三角記号はベーク温度を125℃としたときの測定結果である。各三角記号を線分cによって互いに結合して表してある。また、逆三角記号はベーク温度を130℃としたときの測定結

果である。各逆三角記号を線分dによって互いに結合して表してある。尚、各ベークのベーク時間は共に60秒である。

【0031】図6は、測定したホールパタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、ベーク温度およびベーク時間を記載してある。また、表の1列目には、マスク寸法値（μm単位）を記載してある。そして、表の2行目以降および2列目以降の対応する各欄に、パタン寸法の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0032】従って、図5および図6に示すように、パタン寸法とマスク寸法とは、ほぼ正比例の関係にあることが分かる。しかも、ベーク温度によらず、マスク寸法に対するパタン寸法の変化率がほぼ一定となる。よって、パタン寸法の縮小量は、若干のマスク寸法の違いには依存しない。

【0033】また、パタン寸法の縮小量は、露光条件の違いなどに対してもあまり依存しない。例えば、パタン寸法は、露光時のフォーカス（露光光の焦点とレジストとの間の距離）に対する依存度が小さい。図7は、フォーカスとパタン寸法との関係を示すグラフである。横軸にはフォーカス（μm単位）を取り、-0.5μm～1μmの範囲を0.5μmごとに目盛って示してある。また、縦軸にはパタン寸法（μm単位）を取り、0μm～0.3μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。

【0034】また、フォーカスとパタン寸法との関係を、異なるベーク温度に対してそれぞれ求めている。図7中、白丸記号はベーク温度を90℃としたときの測定結果である。各白丸記号を線分aによって互いに結合して表してある。また、四角記号はベーク温度を120℃としたときの測定結果である。各四角記号を線分bによって互いに結合して表してある。また、三角記号はベーク温度を125℃としたときの測定結果である。各三角記号を線分cによって互いに結合して表してある。尚、各ベークのベーク時間は共に60秒である。

【0035】また、図8は、測定したホールパタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、ベーク温度およびベーク時間を記載してある。また、表の1列目には、フォーカス値（μm単位）を記載してある。そして、表の2行目以降および2列目以降の対応する各欄に、パタン寸法の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0036】従って、図7および図8に示すように、パタン寸法はフォーカスの変化に対してほぼ一定である。つまり、フォーカスの違いによるパタン寸法の変化は小さい。よって、この実施の形態の方法によれば、従来プロセスでのフォーカスや露光量に対するマージンを損なうことなく、パタン寸法を縮小させることができる。しかも、この実施の形態の方法では、従来プロセスに対してベーク温度の設定を変更するだけであるから、装置構

成を変更する必要がない。よって、スルーブットが低下しない。

【0037】〔第2の実施の形態〕次に、レジストパタンの第2形成方法につき説明する。この第2形成方法の工程につき、図1(A)～(C)および図9を参照して説明する。図9は、第2形成方法の説明に供する断面図である。

【0038】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。次に、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12の感光部分を除去し、仮レジストパターン12aを形成する(図1(C))。ポジレジスト12にはホールパターン16aが形成される。

【0039】続いて、この実施の形態では、仮レジストパターン12aを不完全に感光させるための第2回目の露光を行う(図9(A))。例えば、通常のディープUV一括露光機を用いて、仮レジストパターン12aを完全に感光させないように適当な波長および露光量を設定して、全面露光を行う。この形成例では、この全面露光は、中心波長365nmの波長の光aを照射して行っている。このように、不完全感光させると、仮レジストパターン12aの耐熱性を向上させることができる。

【0040】次に、第1形成方法のときと同様に、ベークを行って仮レジストパターン12aを変形させ、レジストパターン12bを形成する(図9(B))。このベークにより、ホールパターン16aのパターン寸法(口径)が縮小して、新たなホールパターン16bが得られる。但し、上述した第2回目の露光工程において仮レジストパターン12aを不完全に感光させてあるので、第1形成方法の場合と比べるとパターン寸法の縮小量が小さい。

【0041】図10は、パターン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図10に示す線分a、b、cおよびdは、それぞれ図2に示した線分a、b、cおよびdに対応している。図10に示すように、第2回目の露光は、ベーク開始時間t0よりも前の時間t2に開始させ、同じくベーク開始時間t0よりも前の時間t3に終了させる。第1形成方法と第2形成方法との違いは、この第2回目の露光の有無である。そして、この第2形成方法によれば、図2と図10との対比から明らかなように、パターン寸法の時間に対する変化の率が小さくなる。従って、より高い精度で寸法縮小量を制御することができる。

【0042】次に、実際の測定結果を図11および図12に示す。図11は、寸法縮小量のベーク温度依存性を示すグラフである。横軸にベーク温度(℃単位)を取り、120℃～130℃の範囲を5℃ごとに目盛って示している。また、縦軸には寸法縮小量(μm単位)を取っている。この寸法縮小量は、90℃の温度でベークし

たときのパターン寸法を基準にして表した量である。寸法縮小量は、0μm～0.2μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。

【0043】図11には、第2回目の露光を行った場合の寸法縮小量の測定結果と、第2回目の露光を行わなかった場合の寸法縮小量の測定結果とを示してある。図中、白丸記号は第2回目の露光を行わなかった場合の測定結果である。各白丸記号を線分aによって互いに結合して表してある。また、四角記号は第2回目の露光を行った場合の測定結果である。各四角記号を線分bによって互いに結合して表してある。

【0044】図12は、測定したホールパターン16bの口径値を示す表である。表の1行目にはベーク温度を記載してある。また、表の1列目には第2回目の露光の有無を記載してある。そして、表の2行目以降および2列目以降の対応する各欄に、寸法縮小量の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0045】図11および図12に示すように、第2回目の露光を行った場合の方が露光を行わない場合に比べて、ベーク温度の変化に対する寸法縮小量の変化が小さい。このように、第2回目の露光を行うことによってレジストの耐熱性が適度に向上するので、ベーク温度の変化に対して寸法縮小量が緩やかに変化する。

【0046】次に、図13および図14を参照して、パターン寸法の露光量に対する変化につき説明する。図13は、パターン寸法(ホールパターン16bの口径)の露光量依存性を示すグラフである。横軸に露光量(mJ/cm<sup>2</sup>単位)を取り、0mJ/cm<sup>2</sup>～500mJ/cm<sup>2</sup>の範囲を100mJ/cm<sup>2</sup>ごとに目盛って示してある。また、縦軸にはパターン寸法(μm単位)を取り、0μm～0.3μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。パターン寸法の測定値はグラフ中に白丸記号で示し、各白丸記号を線分aによって結合して示してある。

【0047】また、図14は、測定したホールパターン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、露光量をmJ/cm<sup>2</sup>単位で記載してある。そして、表の2行目の対応する各欄に、パターン寸法の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0048】尚、図13および図14に示す測定結果は、125℃の温度で60秒間のベークを行った場合のものである。図13および図14に示すように、露光量の増加に従いパターン寸法が増加する。つまり、露光量を多くするほど寸法縮小量を小さくすることができる。

【0049】以上説明したように、第2形成方法によれば、現像後のベークのベーク温度および第2回目の露光の露光量により寸法縮小量を制御できる。しかも、上述した第1形成方法と同様に、従来プロセスでの露光量およびフォーカスに対するマージンを損なうことなく、ホールパターン寸法を縮小させることができる。

【0050】[第3の実施の形態] 次に、レジストパタンの第3形成方法につき説明する。第3形成方法と第2形成方法とを対比すると、この第3形成方法では、上述した第2回目の露光を現像後のベークの実行時に行う点に特色がある。

【0051】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。続いて、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12の感光部分を除去し、仮レジストパタン12aを形成する(図1(C))。

【0052】次に、ベーク手段が内蔵された露光装置(多目的光ユニット)を用いて、ベークを行いながら露光を行う。この実施の形態では、ベーク開始の直後に仮レジストパタン12aの露光を行う。この露光は、第2の実施の形態で説明した第2回目の露光に相当する。従って、このベーク中に行う露光では、仮レジストパタン12aを不完全に感光させる。そして、この露光により、仮レジストパタン12aの耐熱性を適度に向上させる。

【0053】図15は、パタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図15に示す線分a、b、cおよびdは、それぞれ図2に示した線分a、b、cおよびdに対応している。このグラフに示すように、第2回目の露光は、ベーク開始時間t0と同一の時間に開始させる。また、第2回目の露光は、ベーク終了時間t1よりも前の時間t2に終了させる。このように、ベーク工程中に露光を開始させてベーク工程中に露光を終了させるので、スループットが低下しない。

【0054】[第4の実施の形態] 次に、レジストパタンの第4形成方法につき、図16を参照して説明する。図16は、レジストパタンの第4形成方法の説明に供する断面図である。尚、途中までは第1形成方法と実質的に同じ工程を含むので、最初に、この工程につき図1を参照して簡単に説明する。

【0055】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。続いて、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12の感光部分を除去し、仮レジストパタン12aを形成する(図1(C)および図16(A))。よって、ポジレジスト12にホールパタン16aが形成される。

【0056】そして、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で第1回目のベークを行って、仮レジストパタン12aを変形させ、レジストパタン12bを形成する(図16(B))。このベークを例えば120℃程度で行う。このベークにより、耐熱性に乏しい仮レジストパタン12aは熱フローを生じて形状が変化する。そして、ホールパタン16a

のパタン寸法(口径)が縮小して、新たなホールパタン16bが形成される。

【0057】次に、レジストパタン12bを完全に感光させる第2回目の露光を行う(図16(C))。すなわち、ディープUV一括露光機を用いて、レジストを完全に感光させる十分な露光量のディープUV光をレジストパタン12bに照射する。このように全面露光を行うことにより、レジストパタン12bの耐熱性を向上させる。

【0058】そして、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした第2回目のベークを行う(図16(D))。このベーク工程では、この時点で既にレジストパタン12bが十分な耐熱性を有しているために熱フローが生じない。従って、第1回目のベーク工程では不十分であった残留溶媒および残留水分の除去が行える。

【0059】図17は、パタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図17に示す線分a、bおよびcは、それぞれ図2に示した線分a、bおよびcに対応している。この図17に示すように、第1回目のベークを時間t0に開始させ、t1の時間に終了させる。続いて、時間t2に第2回目の露光を開始して、この露光を時間t3まで行う。そして、最後に、第2回目のベークをt4およびt5の時間内に行う。

【0060】従って、この形成方法では、レジストパタンの寸法縮小量を、第1回目のベーク温度および第1回目のベーク時間(t1-t0)により制御できる。そして、寸法縮小量は、現像後のホールパタン寸法や、第1回目の露光の条件のパラツキにより生じる若干のホールパタンの形状差などには依存しない。よって、従来プロセスでの露光量およびフォーカスに対するマージンを損なうことなく、ホールパタンの寸法を縮小させることができる。

【0061】尚、レジストパタン12bは第2回目の露光によって耐熱性が大幅に向上するので、第2回目のベークを第1回目のベークと同じベーク温度で行っても形状が変化しない。従って、第1回目のベークと第2回目のベークとを同じベークプレートを用いて行うことができ、追加のベークプレートを必要としない。

【0062】[第5の実施の形態] 次に、レジストパタンの第5形成方法につき説明する。第5形成方法では、現像後のベーク時に第2回目の露光を行う。この第2回目の露光では、仮レジストパタンを完全に感光させることにより、仮レジストパタンの変形をストップさせる。この第5形成方法につき、図1および図18を参照して説明する。

【0063】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。続いて、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12

10

20

30

40

50

の感光部分を除去し、仮レジストパターン 12 a を形成する (図 1 (C))。よって、ポジレジスト 12 にホールパターン 16 a が形成される。

【0064】次に、ベーク手段が内蔵された露光装置 (多目的光ユニット) を用いて、ベークを行いながら露光を行う。このベークは、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で行い、仮レジストパターン 12 a を変形させる。そして、適当な時間だけベークを行った後に仮レジストパターン 12 a の露光を行う。この露光は、第 4 の実施の形態で説明した第 2 回目の露光に相当する。従って、このベーク中に行う露光では、仮レジストパターン 12 a を完全に感光させる。そして、この露光により、仮レジストパターン 12 a の耐熱性を向上させて、ベークによる変形を抑止する。

【0065】図 18 は、パターン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図 18 に示す線分 a、b および c は、それぞれ図 2 に示した線分 a、b および c に対応している。

【0066】図 18 に示すように、現像後のベークは時間  $t_0$  のときに開始させる。すると、通常ベーク時よりも温度を高く設定した場合 (図 18 の線分 b および c の場合) には、時間の経過とともにパターン寸法が減少してゆく (但し、図 18 に示すようにパターン寸法が直線的に低下してゆくとは限らない。)。続いて、時間  $t_1$  のときに第 2 回目の露光を開始させる。この露光は時間  $t_2$  まで継続して行う。この露光により、パターン寸法の減少が止まり、所定のレジストパターン 12 b 従ってホールパターン 16 b が得られる (図 1 (D) 参照。但し、図 18 に示すように、露光の開始と同時にパターン寸法の縮小が止まるわけではない。)。その後も、ベークは継続して行い、適当な時間  $t_3$  のときに終了させる。

【0067】このように、第 5 形成方法では、パターン寸法の縮小量を、現像後のベークの温度と、ベークを開始してから露光を開始するまでの時間 ( $t_1 - t_0$ ) とで制御することができる。また、露光時の露光量は時間 ( $t_2 - t_1$ ) など調節することによって制御することができる。また、露光終了後のベークにより、レジストパターン 12 b 中に含まれる残留溶媒および残留水分を完全に除去することができる。尚、第 2 回目の露光は、ベーク工程中に開始させてベーク工程中に終了させるので、スループットが低下しない。

【0068】[第 6 の実施の形態] 次に、レジストパタンの第 6 形成方法につき説明する。この第 6 形成方法では、現像後のベーク実行中に 2 回の露光を行う。初めの露光では仮レジストパターン 12 a を不完全に感光させて、ベークによるパターン寸法の縮小の速さを適度なものとすることを図る。また、次の露光では仮レジストパターン 12 a を完全に感光させて、ベークによるパターン寸法の縮小を止める。

【0069】まず、被加工膜 10 の上にポジレジスト 12 を塗布する (図 1 (A))。続いて、所定のマスク 14 を用いてポジレジスト 12 の第 1 回目の露光を行う (図 1 (B))。次に、現像を行ってポジレジスト 12 の感光部分を除去し、仮レジストパターン 12 a を形成する (図 1 (C))。

【0070】次に、ベーク手段が内蔵された露光装置 (多目的光ユニット) を用いて、ベークを行いながら露光を行う。この実施の形態では、ベーク開始の直後に仮レジストパターン 12 a の露光を行う。この露光は、第 2 の実施の形態で説明した第 2 回目の露光に相当する。従って、このベーク中に行う露光では、仮レジストパターン 12 a を不完全に感光させる。そして、この露光により、仮レジストパターン 12 a の耐熱性を適度に向上させる。

【0071】次に、適当な時間だけベークを継続的行った後、仮レジストパターン 12 a を完全に感光させるための第 3 回目の露光を行う。この結果、仮レジストパターン 12 a の変形が止まり、レジストパターン 12 b が得られる。この第 3 回目の露光も第 2 回目の露光と同様の多目的光ユニットを用いて行う。この第 3 回目の露光は、第 5 の実施の形態で説明した第 2 回目の露光に相当する。

【0072】図 19 は、パターン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図 19 に示す線分 a、b および c は、それぞれ図 2 に示した線分 a、b および c に対応している。

【0073】図 19 に示すように、第 2 回目の露光は、ベーク開始時間  $t_0$  と同一の時間に開始させて、 $t_1$  の時間に終了させる。続いて、時間  $t_2$  のときに第 3 回目の露光を開始させる。この露光は時間  $t_3$  まで継続して行う。この露光により、パターン寸法の減少が止まり、所定のレジストパターン 12 b 従ってホールパターン 16 b が得られる (図 1 (D))。その後も、ベークは継続して行い、適当な時間  $t_4$  のときに終了させる。

【0074】このように、第 6 形成方法では、パターン寸法の縮小量を、現像後のベークの温度と、ベークを開始してから第 3 回目の露光を開始するまでの時間 ( $t_2 - t_0$ ) と、第 2 回目の露光時の露光量とで制御できる。また、露光終了後のベークにより、レジストパターン 12 b 中に含まれる残留溶媒および残留水分を完全に除去することができる。尚、第 2 回目および第 3 回目の露光はベーク工程中に開始させてベーク工程中に終了させるので、スループットが低下しない。

【0075】

【発明の効果】この発明のレジストパタンの形成方法によれば、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で現像後のベークを行うことにより仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを

形成する。従って、従来よりも微細なレジストパターンを、ArF光などの短波長光を用いずに、従来のKrF光および化学増幅型レジストを用いて形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】レジストパタンの第1形成方法の説明に供する図である。

【図2】パターン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図3】パターン寸法のベーク温度依存性を示す図である。

【図4】パターン寸法のベーク温度依存性を示す図である。

【図5】マスク寸法とパターン寸法との関係を示す図である。

【図6】マスク寸法とパターン寸法との関係を示す図である。

【図7】フォーカスとパターン寸法との関係を示す図である。

【図8】フォーカスとパターン寸法との関係を示す図である。

【図9】レジストパタンの第2形成方法の説明に供する図である。

【図10】パターン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図11】寸法縮小量のベーク温度依存性を示す図である。

【図12】寸法縮小量のベーク温度依存性を示す図である。

【図13】パターン寸法の露光量依存性を示す図である。

【図14】パターン寸法の露光量依存性を示す図である。

【図15】パターン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図16】レジストパタンの第4形成方法の説明に供する図である。

【図17】パターン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

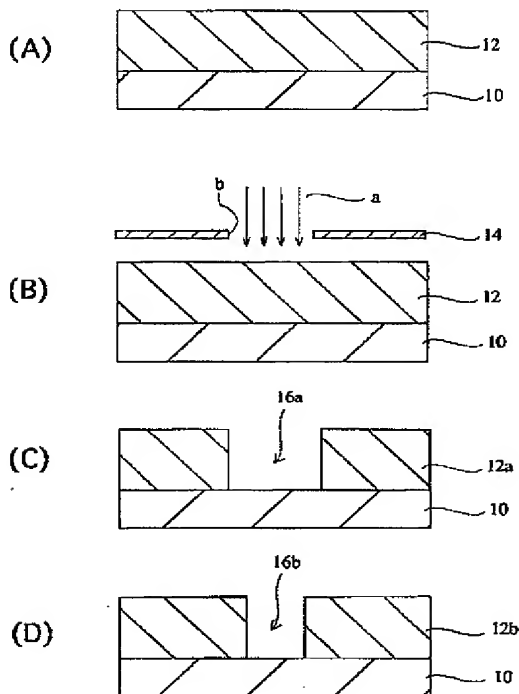
【図18】パターン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図19】パターン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【符号の説明】

10：被加工膜                      12：ポジレジスト  
12a：仮レジストパターン      12b：レジストパターン  
14：マスク                      16a, 16b：ホールパターン

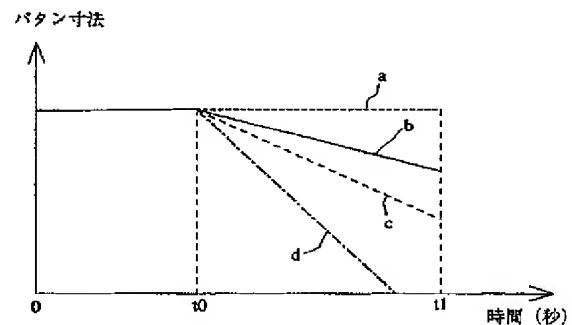
【図1】



10：被加工膜 12：ポジレジスト 12a：仮レジストパターン  
12b：レジストパターン 14：マスク 16a, 16b：ホールパターン

レジストパタンの第1形成方法

【図2】



パターン寸法のベーク時間依存性

【図4】

90℃60s	120℃60s	125℃60s
0.269	0.245	0.174

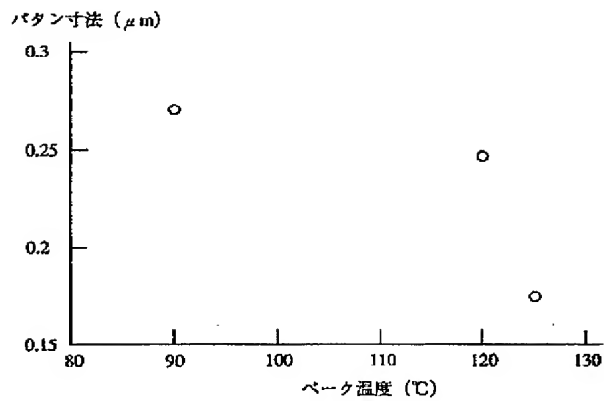
マスク寸法のベーク温度依存性

【図14】

0	10	50	100	300	500
0.147	0.161	0.197	0.253	0.286	0.285

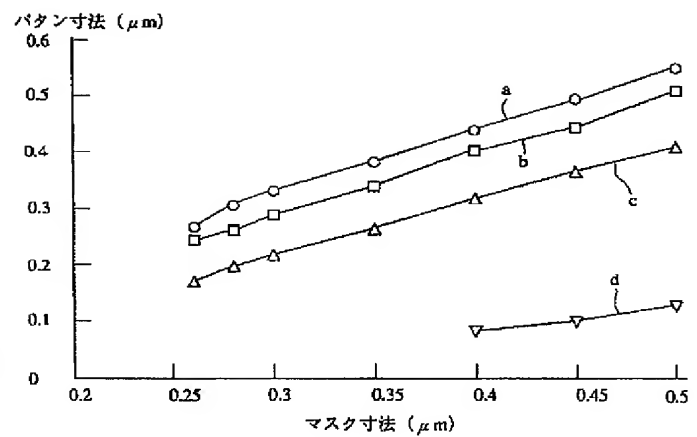
パターン寸法の露光量依存性

【図 3】



バタン寸法のピーク温度依存性

【図 5】



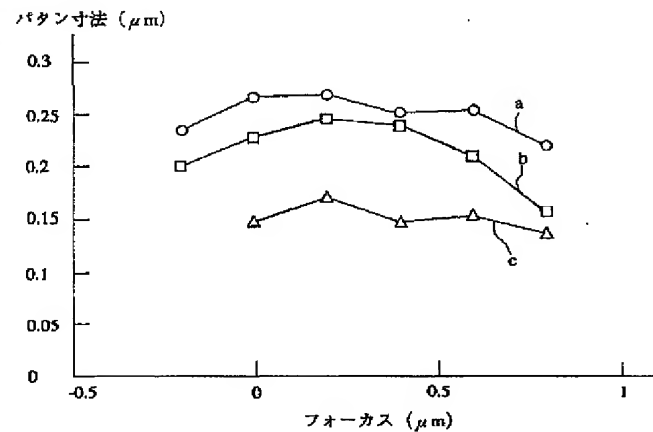
マスク寸法とバタン寸法との関係

【図 6】

	90℃60s	120℃60s	125℃60s	130℃60s
0.26	0.269	0.245	0.17	
0.28	0.311	0.262	0.197	
0.3	0.336	0.29	0.22	
0.35	0.388	0.343	0.266	
0.4	0.448	0.409	0.322	0.073
0.45	0.5	0.451	0.371	0.105
0.5	0.56	0.518	0.417	0.136

マスク寸法とバタン寸法との関係

【図 7】



フォーカスとバタン寸法との関係

【図 8】

	90℃60s	120℃60s	125℃60s
-0.2	0.234	0.199	
0	0.266	0.227	0.147
0.2	0.269	0.245	0.17
0.4	0.252	0.238	0.147
0.6	0.255	0.21	0.154
0.8	0.22	0.157	0.137

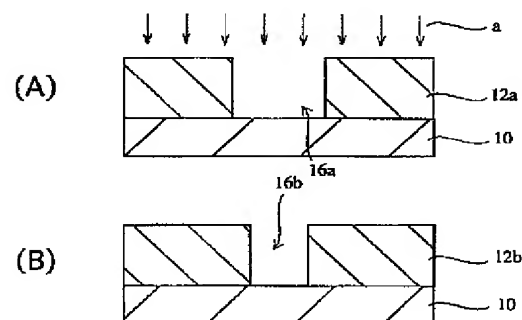
フォーカスとバタン寸法との関係

【図 1 2】

	120℃	125℃	130℃
露光無	0.024	0.095	
露光有	0.056	0.077	0.172

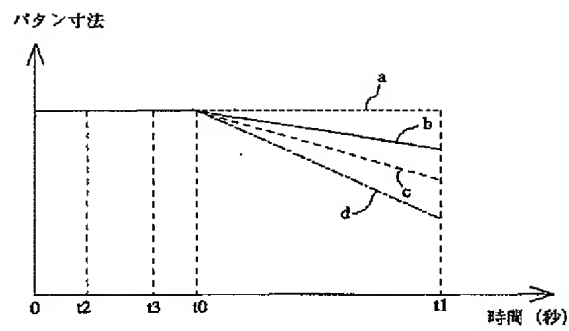
寸法縮小量のピーク温度依存性

【図 9】



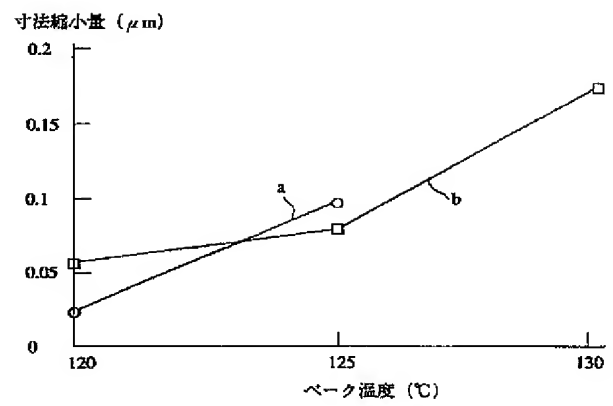
レジストパタンの第 2 形成方法

【図 10】



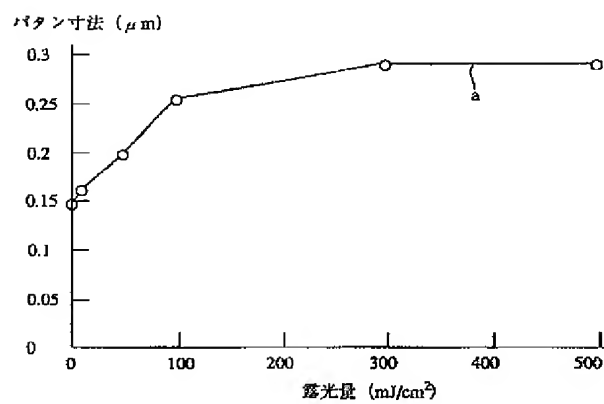
ボタン寸法のピーク時間依存性

【図 11】



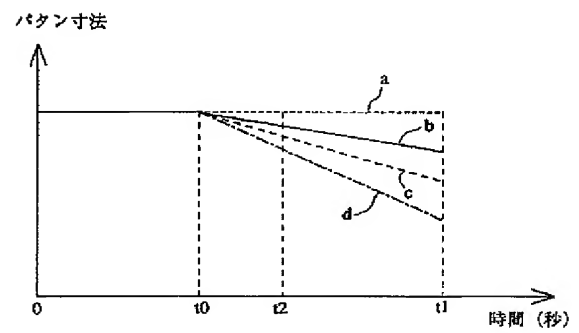
寸法縮小量のピーク温度依存性

【図 13】



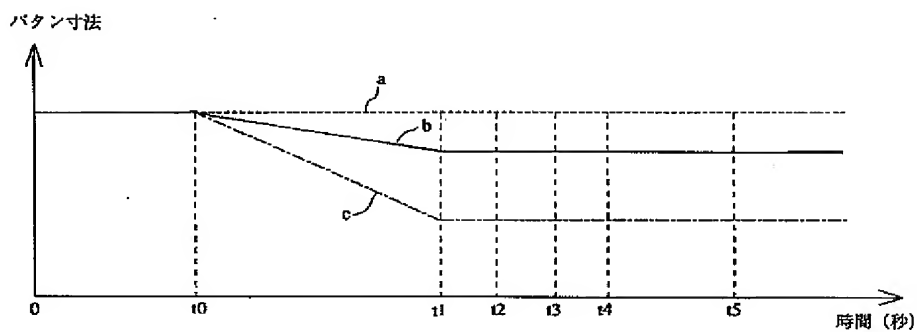
ボタン寸法の露光量依存性

【図 15】



ボタン寸法のピーク時間依存性

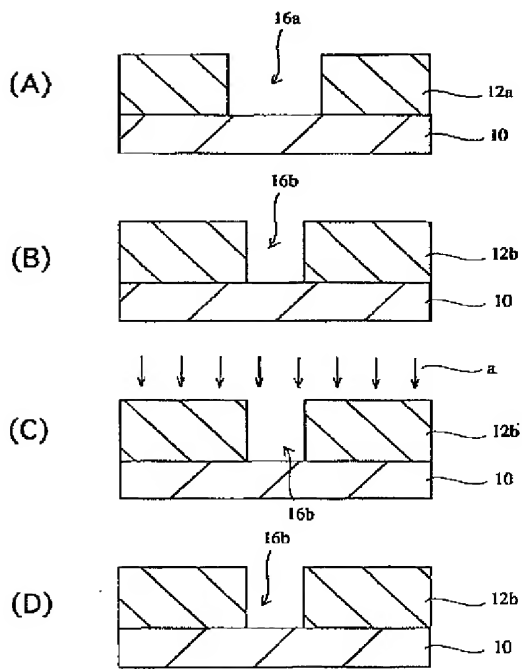
【図 17】



ボタン寸法のピーク時間依存性

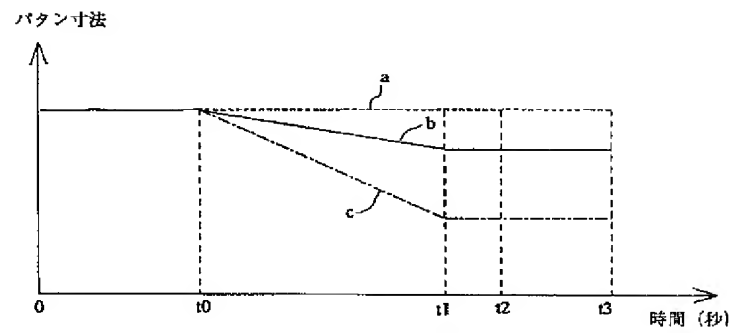


【図 16】



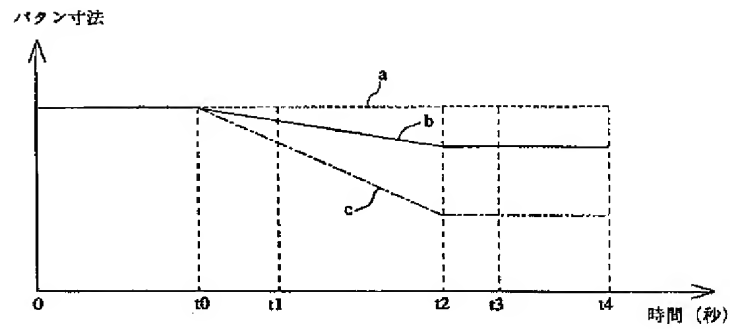
レジストパタンの第4形成方法

【図 18】



ボタン寸法のベーク時間依存性

【図 19】



ボタン寸法のベーク時間依存性